

PENGARUH KEKENTALAN CAIRAN TERHADAP WAKTU JATUH BENDA MENGGUNAKAN *FALLING BALL METHOD*

Nur Azizah Lubis^{1,*}

¹Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sumatera Utara Medan

*Email: azizahlubis1987@gmail.com

Abstrak. Telah dilakukan studi yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh kekentalan cairan terhadap waktu dengan menggunakan *falling ball method*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat pengaruh kekentalan cairan terhadap waktu yang dapat dilihat dari nilai viskositas oli (η) = 15,94 dyn s/cm² yang lebih besar dari gliserin (η) = 15,51 dyn s/cm² serta koefisien determinasi (R^2) cairan oli dan gliserin masing-masing sebesar 0,9958 dan 0,9799. Perubahan suhu yang diperoleh pada oli lebih rendah dibandingkan gliserin. Pada cairan oli diperoleh suhu awal = 30,1 °C dan suhu akhir = 30,5 °C, sedangkan pada cairan gliserin diperoleh suhu awal = 31,1 °C dan suhu akhir = 31,8 °C. Hal tersebut memperlihatkan bahwa semakin tinggi nilai kekentalan suatu cairan maka waktu yang dibutuhkan untuk bola jatuh semakin besar. Semakin banyak bola yang dijatuhkan maka semakin banyak gesekan yang terjadi sehingga suhu cairan semakin tinggi dan kecepatan jatuh bola semakin besar dan nilai viskositas cairan semakin rendah.

Kata-kata kunci: *Falling ball method*, kekentalan cairan, dan waktu jatuh.

THE INFLUENCE OF LIQUID VISCOSITY ON FALLING TIME BY *FALLING BALL METHOD*

Abstract. A study has been conducted to determine the influence of liquid viscosity on falling time using the *falling ball method*. The results showed that there was an effect of liquid viscosity on the fall time which can be seen from the oil viscosity value (η) = 15.94 dyn s/cm² which is greater than glycerin (η) = 15.51 dyn s/cm² and the coefficient of determination (R^2) of oil and glycerin are 0.9958 and 0.9799, respectively. Temperature changes in oil are lower than glycerin. In oil, the initial temperature is 30.1 °C and the final temperature is 30.5 °C, while in glycerin, the initial temperature is 31.1 °C and the final temperature is 31.8 °C. This shows that the higher the viscosity of a liquid, the greater the time needed for the ball to fall. The more balls dropped, the more friction occurs so that the liquid temperature gets higher and the ball's falling speed gets faster and the liquid viscosity value gets lower.

Keywords: *Falling ball method*, falling time, and liquid viscosity.

1. PENDAHULUAN

Gesekan yang ditimbulkan oleh fluida yang bergerak disebut viskositas (kekentalan). Besarnya gesekan tersebut dikatakan sebagai derajat kekentalan zat cair. Kekentalan (viskositas) merupakan salah satu sifat zat cair yang memiliki koefisien kekentalan yang berbeda-beda, contohnya kekentalan oli dan kekentalan gliserin. Di dalam dunia otomotif sifat zat cair yang banyak digunakan adalah pelumas atau oli. Pengetahuan tentang viskositas dari berbagai jenis pelumas sangat dibutuhkan karena tiap-tiap tipe mesin membutuhkan kekentalan yang berbeda-beda. Oleh karena itu, sebelum menggunakan pelumas hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu adalah kesesuaian koefisien kekentalan pelumas dengan tipe mesin.

Minyak pelumas atau yang lebih dikenal dengan nama oli didefinisikan sebagai suatu zat yang berada di antara dua permukaan yang bergerak secara relatif agar dapat mengurangi gesekan antar permukaan tersebut. Prinsip dasar dari pelumas atau oli adalah mencegah terjadinya gesekan padat (*solid friction*) (Darmanto, 2011). Oli biasanya diperoleh dari pengolahan minyak bumi yang dilakukan melalui proses distilasi bertingkat berdasarkan titik didihnya.

Selain di dunia otomotif, sifat kekentalan zat cair juga banyak digunakan dalam dunia kecantikan dan obat-obatan, yaitu jenis gliserin. Gliserin merupakan cairan bening yang sering digunakan dalam pembuatan obat-obatan, makanan, sabun, dan lain sebagainya. Gliserin berupa cairan kental yang tidak berwarna dan rasanya manis yang memiliki titik didih tinggi dan membeku dalam bentuk pasta. Aplikasi gliserin yang paling umum digunakan adalah dalam sabun dan produk kecantikan lainnya seperti *lotion*, atau bahkan digunakan untuk membuat dinamit (dalam bentuk nitrogliserin).

Kekentalan merupakan sifat cairan yang berhubungan dengan hambatan untuk mengalir. Beberapa cairan ada yang dapat mengalir dengan cepat dan ada yang mengalir secara lambat seperti gliserin, madu, dan minyak atau oli karena memiliki viskositas yang besar. Semakin besar viskositas zat cair, maka semakin sulit suatu benda bergerak di dalam zat cair tersebut. Di dalam zat cair, viskositas dihasilkan oleh gaya kohesi antara molekul zat cair. Untuk zat cair yang sangat kental diperlukan gaya yang lebih besar dan untuk fluida yang kurang kental diperlukan gaya yang lebih kecil. Tingkat kekentalan suatu zat cair juga bergantung pada suhu. Semakin tinggi suhu suatu zat cair, maka semakin kecil kekentalan zat cair tersebut.

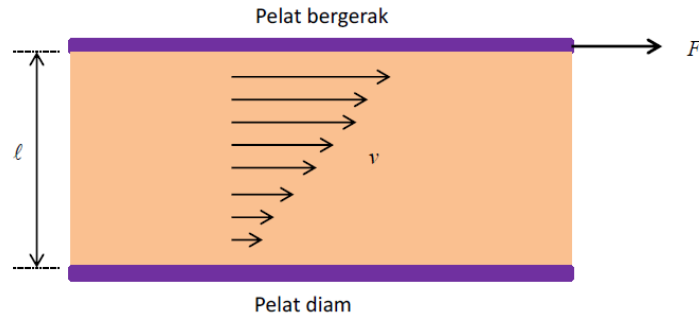
Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh kekentalan cairan terhadap waktu menggunakan *falling ball method*. Melalui penelitian ini diharapkan dapat dilihat hubungan antara efek suhu terhadap perubahan viskositas.

2. LANDASAN TEORI

Viskositas merupakan gaya gesekan antara lapisan-lapisan yang bersisian pada fluida pada waktu lapisan-lapisan tersebut bergerak satu melewati yang lainnya. Pada zat cair, viskositas terutama disebabkan oleh gaya kohesi antar molekul. Pada gas, viskositas muncul dari tumbukan antar molekul. Fluida yang berbeda memiliki besar viskositas yang berbeda. Makin besar viskositas dalam suatu fluida, makin sulit suatu benda bergerak dalam fluida tersebut. Di dalam zat cair, viskositas dihasilkan oleh gaya kohesi antara molekul zat cair.

Viskositas menentukan kemudahan suatu molekul bergerak karena adanya gesekan antar lapisan material. Karenanya viskositas menunjukkan tingkat ketahanan suatu cairan untuk mengalir. Besarnya viskositas dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu, gaya tarik antar molekul, dan ukuran serta jumlah molekul terlarut. Fluida, baik zat cair maupun gas yang

jenisnya berbeda memiliki tingkat kekentalan yang berbeda beda. Viskositas dapat dianggap sebagai gerakan di bagian dalam (internal) suatu fluida (Sears dan Zemansky, 2003). Untuk melihat tingkat kekentalan fluida dapat dijelaskan melalui gambar 1 di bawah ini (Mikrajuddin, 2016).

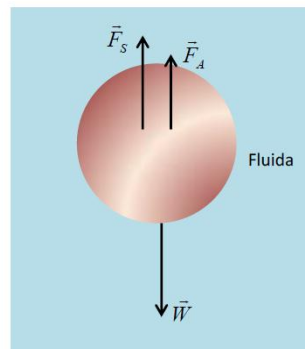


Gambar 1. Menentukan kekentalan fluida

Fluida diletakkan di antara dua pelat sejajar. Satu pelat digerakkan dengan kecepatan konstan v arah sejajar kedua pelat. Permukaan fluida yang bersentuhan dengan pelat yang diam tetap diam sedangkan yang bersentuhan dengan pelat yang bergerak ikut bergerak dengan kecepatan v juga. Akibatnya terbentuk gradien kecepatan. Lapisan fluida yang lebih dekat dengan pelat bergerak memiliki kecepatan yang lebih besar. Untuk mempertahankan kecepatan tersebut diperlukan adanya gaya F .

Jika terjadi gerakan antara fluida (cairan atau gas) dan benda lain maka selalu terjadi gaya gesek yang arahnya berlawanan dengan arah gerak benda tersebut. Besarnya gaya gesek bergantung pada kecepatan relatif benda terhadap fluida serta bentuk benda. Untuk benda yang berbentuk bola, besarnya gaya gesek adalah:

$$F_v = -6 \pi \eta r v \quad (1)$$



(Mikrajuddin, 2016)

Gambar 2. Gaya yang bekerja pada bola yang jatuh ke dalam fluida

Jika benda berbentuk bola jatuh bebas ke dalam suatu fluida kental, kecepatannya akan bertambah karena pengaruh gravitasi bumi sehingga mencapai suatu kecepatan terbesar yang tetap. Kecepatan terbesar yang tetap tersebut dinamakan kecepatan terminal. Pada saat kecepatan terminal gaya-gaya yang bekerja pada benda selama benda bergerak jatuh adalah gaya berat ke bawah maka didapati gaya angkat Archimedes dan gaya Stokes yang melawan arah gerak (ke atas). Ketiga gaya tersebut berada dalam keadaan seimbang.

$$F_g + F_b + F_v = 0 \quad (2)$$

Dimana gaya ke bawah dianggap positif sehingga gaya resultan menjadi nol. Maka kecepatan bola tidak berubah lagi melainkan pada nilai maksimum atau nilai akhir yang dinotasikan sebagai v_a (kecepatan terminal). Gaya F_b dan F_g dapat ditulis sebagai fungsi radius bola R , rapat bola ρ_b dan rapat cairan ρ_c :

$$F_g = \frac{4\pi}{3} R^3 \rho_b g \quad (3)$$

Dari substitusi Pers. (1) dan (2) diperoleh,

$$6\pi\eta R v_a = \frac{4\pi}{3} R^3 (\rho_b - \rho_c) g \quad (4)$$

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{R^2}{v_a} (\rho_b - \rho_c) g \quad (5)$$

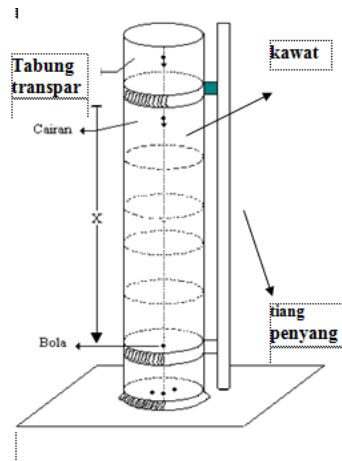
3. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah *falling ball method* dengan prinsip Hukum Stokes dengan mencari nilai viskositas suatu cairan menggunakan persamaan:

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{R^2}{v_a} (\rho_b - \rho_c) g \quad (6)$$

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah oli dan gliserin. Peralatan yang digunakan adalah tabung transparan yang berfungsi sebagai tempat cairan atau fluida dan bola-bola besi. *Beaker glass* berfungsi untuk mengukur volume cairan, mikrometer skrup berfungsi untuk mengukur diameter bola besi, kawat baja berfungsi sebagai pemberi batas jarak pada tabung, meteran berfungsi sebagai alat pengukur jarak pada tabung, tiang penyangga berfungsi untuk menyangga tabung transparan, pinset berfungsi mengambil dan menjatuhkan bola-bola besi, *stopwatch* berfungsi untuk menghitung waktu bola jatuh, neraca berfungsi untuk menghitung massa cairan dan massa bola, magnet berfungsi untuk mengambil bola-bola kecil dari dasar tabung, termometer berfungsi untuk mengukur suhu cairan sebelum dan sesudah dijatuhkan bola-bola besi.

Data penelitian diperoleh dengan prosedur sebagai berikut: menyiapkan peralatan dan bahan yang akan dipergunakan lalu membersihkan peralatan, merangkai semua peralatan dengan baik seperti Gambar 3. Selanjutnya beaker gelas yang digunakan sebagai wadah cairan ditimbang lalu diisi dengan cairan (oli dan gliserin) sebanyak 100 ml kemudian diukur kembali sebagai massa total menggunakan neraca. Tahap berikutnya, dilakukan pengukuran diameter dari tiap-tiap bola dengan mikrometer skrup, dilakukan pengukuran wadah bola dengan neraca lalu bola diletakkan pada wadah dan diukur sebagai massa total bola menggunakan neraca. Setelah itu, suhu cairan diukur sebelum bola dijatuhkan, bola diambil menggunakan pinset dan dijatuhkan ke dalam tabung transparan. Bersamaan dengan itu, stopwatch dihidupkan pada saat bola dijatuhkan pada posisi 0 cm, kemudian mematikan saat bola jatuh mencapai posisi 50 cm dan waktunya dicatat sebagai data. Percobaan tersebut diulang sebanyak dua kali. Tahap berikutnya dilakukan percobaan dengan memvariasikan jaraknya, jarak 60 cm – 100 cm dengan interval 10 cm. Terakhir suhu cairan diukur setelah percobaan selesai dilakukan.



Gambar 3. Susunan Peralatan Eksperimen Secara Skematis

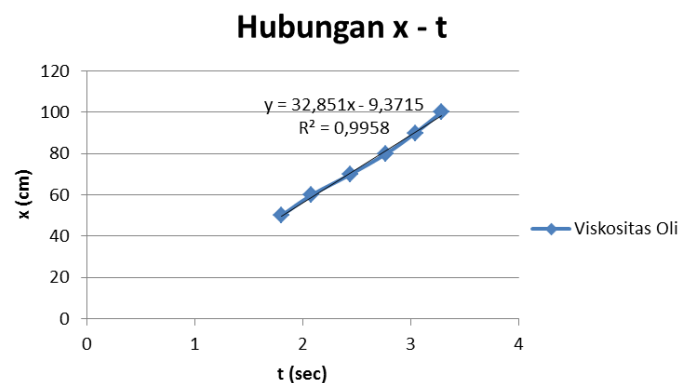
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Cairan Oli

Berikut ini adalah data penelitian untuk fluida yang digunakan berupa cairan oli: volume cairan 100 ml, massa cairan = 85,4 g, $d_{rata-rata} = 6,35 \text{ mm} = 0,635 \text{ cm}$, $r_{rata-rata} = 0,3175 \text{ cm}$, massa 3 bola = 3,2 g, massa 3 bola rata-rata = 1,07 g, suhu awal = 30,1 °C, dan suhu akhir = 30,5 °C.

Dari hasil perhitungan diperoleh massa jenis bola (ρ_b) = 23,8 g/cm³, massa jenis cairan oli = 0,856 g/cm³, viskositas cairan oli (η) = 15,94 dyn s/cm².

Grafik regresi linier dari eksperimen di atas diperlihatkan pada Gambar 4 berikut,



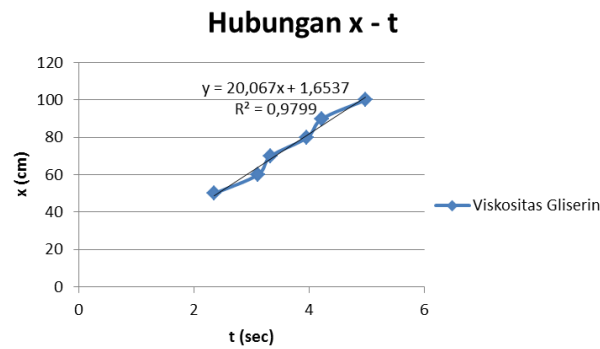
Gambar 4. Hubungan x – t cairan Oli

Cairan Gliserin

Data penelitian untuk fluida yang digunakan berupa cairan gliserin: volume cairan = 100 ml, massa cairan = 147,3 g, $d_{rata-rata} = 0,635 \text{ cm}$, $r_{rata-rata} = 0,3175 \text{ cm}$, massa 3 bola = 3,2 g, massa 3 bola rata-rata = 1,07 g, suhu awal = 31,1 °C, dan suhu akhir = 31,8 °C.

Dari hasil perhitungan diperoleh massa jenis bola (ρ_b) = 23,8 g/cm³, massa jenis cairan gliserin = 1,473 g/cm³, viskositas cairan gliserin (η) = 15,51 dyn s/cm².

Grafik regresi linier dari eksperimen di atas diperlihatkan pada Gambar 5 berikut,



Gambar 5. Hubungan x –t cairan gliserin

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa cairan oli memiliki tingkat kekentalan yang lebih tinggi dibandingkan gliserin. Hal ini terlihat dari hasil perhitungan nilai viskositas yang dilakukan pada eksperimen di mana nilai viskositas oli (η) = 15,94 dyn s/cm² lebih besar dari gliserin (η) = 15,51 dyn s/cm².

Perubahan suhu yang diperoleh pada oli lebih rendah dibandingkan gliserin. Pada cairan oli diperoleh suhu awal = 30,1 °C dan suhu akhir = 30,5 °C, sedangkan pada cairan gliserin diperoleh suhu awal = 31,1 °C dan suhu akhir = 31,8 °C.

Selain itu grafik regresi linier juga memperlihatkan hubungan antara jarak dan waktu, pada cairan oli diperoleh nilai $R^2 = 0,9958$ dan gliserin $R^2 = 0,9799$. Hal ini menunjukkan bahwa cairan oli lebih kental dibandingkan gliserin. Semakin tinggi nilai kekentalan suatu cairan maka waktu yang dibutuhkan untuk bola jatuh juga semakin besar. Semakin banyak bola yang dijatuhkan maka semakin banyak gesekan yang terjadi sehingga suhu cairan semakin tinggi dan kecepatan jatuh bola semakin besar dan nilai viskositas cairan semakin rendah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh kekentalan cairan terhadap waktu jatuh benda menggunakan *falling ball method*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Terdapat pengaruh kekentalan cairan terhadap waktu jatuh benda menggunakan *falling ball method* di mana semakin tinggi nilai kekentalan suatu cairan maka waktu yang dibutuhkan untuk bola jatuh semakin besar. Semakin banyak bola yang dijatuhkan maka semakin banyak gesekan yang terjadi sehingga suhu cairan semakin tinggi dan kecepatan jatuh bola semakin besar dan nilai viskositas cairan semakin rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdullah, Mikrajuddin, 2016, *Fisika Dasar I*, Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- [2] Ariyanti, Eka Suci, dan Agus Mulyono, 2010, *Otomatisasi Pengukuran Koefisien Viskositas Zat Cair Menggunakan Gelombang Ultrasonik*, Jurnal Neutrino, Vol. 2, No. 2 April 2010, Jurusan Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- [3] Darmanto, 2011, *Mengenal Pelumas Mesin*, Jurnal Momentum, Vol. 7, Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim, Semarang.
- [4] Jewett, Serway, 2010, *Physics for Scientists and Engineers*, California State Polytechnic University: Pomona.

- [5] Lumbantoruan, P., dan Erislah Y., 2016, *Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Minyak Pelumas (Oli)*, Sainmatika, Vol. 13, No. 2, ISSN. 1829 586X.
- [6] R. Resnick dan D. Halliday, 2014, *Fisika Jilid 1 Edisi Keenam*, Erlangga: Jakarta.
- [7] Sears, Zemansky, 2003, *Fisika Untuk Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 2*, Erlangga: Jakarta.
- [8] Warsito, dkk, 2012, *Desain dan Analisis Pengukuran Viskositas dengan Metode Bola Jatuh Berbasis Sensor Optocoupler dan Sistem Akuisisinya pada Komputer*, Jurnal Natur Indonesia, Vol. 14, No.3, ISSN. 1410 9379.